Der Einfluß der Stromart auf die Güte der Schweißnähte

Von der Technischen Hochschule zu Breslau

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

genehmigte

Dissertation

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Constantin Stieler

aus Stuttgart

Referent:
Prof. E. Diepschlag

Korreferent:
Prof. Dr. F. Sauerwald

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Dezember 1936

DRUCK VON FRIEDR. VIEWEG & SOHN, BRAUNSCHWEIG

1937

Der Einfluß der Stromart auf die Güte der Schweißnähte

Von der Technischen Hochschule zu Breslau

zur

Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs

genehmigte

Dissertation

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Constantin Stieler

aus Stuttgart

Referent:
Prof. E. Diepschlag

Korreferent:
Prof. Dr. F. Sauerwald

Tag der mündlichen Prüfung: 23. Dezember 1936

DRUCK VON FRIEDR. VIEWEG & SOHN, BRAUNSCHWEIG

1937

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Erscheint auch in „Elektroschweißung", Jahrgang 8, Heft 4/5, 1937

Der Einfluß der Stromart auf die Güte der Schweißnähte

Mit 15 Abbildungen

Von Dipl.-Ing. C. Stieler, Wittenberge

Die Vor- und Nachteile der beiden Stromarten für die Lichtbogenschweißung werden untersucht. Dabei werden die Fragen der Gefährlichkeit, der Wirtschaftlichkeit, sowie das Verhalten des Lichtbogens bei Gleich- und Wechselstrom geprüft und besonders der Einfluß auf die mechanisch-technologischen Gütewerte und das Gefüge von Schweißnähten, die mit umhüllten Elektroden an St 34, St 37 und St 52 hergestellt wurden, in einer großen Versuchsreihe festgestellt.

DK 621.791.75:621.3.02

Vorgeschichte

Während im Auslande hauptsächlich mit Wechselstrom geschweißt wird, verwendet man in Deutschland zum Schweißen überwiegend Gleichstrom. Das hat seine Ursache darin, daß im Auslande von Anfang an fast ausschließlich umhüllte Elektroden verwendet wurden, während in Deutschland blanke Drähte bevorzugt wurden, die nicht mit Wechselstrom verschweißt werden können. Da in Deutschland aber auch immer mehr umhüllte Elektroden verwendet werden, so ist zu prüfen, ob noch Gründe dafür bestehen, die Gleichstromschweißung beizubehalten. In früheren Jahren wurde diese Frage in den Fachzeitschriften häufig erörtert[1]). Die Ansichten der Verfasser darüber gehen aber z. T. weit auseinander und haben bei der raschen Entwicklung der Schweißtechnik heute fast nur noch geschichtlichen Wert. Es erscheint deshalb zweckmäßig, die Frage „Gleich- oder Wechselstromschweißung" unter der Voraussetzung neuzeitlicher Geräte und Elektroden erneut zu untersuchen.

Theorie des Lichtbogens

Die Vorgänge im Kohlelichtbogen und im Quecksilberdampflichtbogen sind eingehend durchforscht, über den Metallichtbogen besteht aber noch gar keine Klarheit. Den zahlreichen Veröffentlichungen[2]) kann entnommen werden, daß der Metallichtbogen seinen eigenen Gesetzen folgt, und daß insbesondere die am Kohlelichtbogen gemachten Feststellungen auf ihn nicht übertragen werden können. Die Forschung steht noch in den Anfängen und konnte noch nicht einmal eindeutig klären, warum mit Wechselstrom blanke Drähte nicht verschweißt werden können, oder das Rätsel der Überkopfschweißung lösen. Die Lichtbogentheorie kann deshalb auch bei der Beantwortung der vorliegenden Frage nicht mit herangezogen werden.

Gefahren bei der Lichtbogenschweißung

Die Gefährlichkeit des elektrischen Stromes nimmt mit steigender Spannung zu. Die Spannung beim Schweißen (15 bis 30 Volt) wird als ungefährlich angesehen. Im Leerlauf treten aber wesentlich höhere Spannungen auf. Ob Wechselstrom physiologisch gefährlicher ist als Gleichstrom, ist auch in den neuesten Veröffentlichungen[3]) nicht eindeutig entschieden. Dies zu klären, ist Sache der Ärzte. Der Schweißtechniker kann aber durch genaue Untersuchungen über die Höhe der beim Schweißen möglichen Spannungen die Arbeit der Ärzte unterstützen.

Wirtschaftlichkeit

Der Preis eines Umspanners beträgt nur etwa zwei Drittel des Preises eines Umformers oder Gleichrichters. Dementsprechend niedrig sind auch die Abschreibungs- und Verzinsungskosten. Die Unterhaltungskosten der Umspanner sind gleichfalls gering, da sie keine sich abnützenden Teile besitzen.

Der Wirkungsgrad von Umspannern ist mit etwa 80% wesentlich besser als der der Umformer und Gleichrichter (45 bis 60%). Dagegen ist der Leistungsfaktor

[1]) *H. Neese*, Schmelzschweiß. 1924, S. 42f. — *K. Haas*, ebenda 1924, S. 44f. — *F. Wörtmann*, ebenda 1924, S. 77f. — *E. P. K. Koch*, Autog. Metallbearb. 1924, S. 103f. u. 114f. — *W. Strelow, O. Wundram, O. Mies* u. *W. Zimm*, Schmelzschweiß. 1925, S. 49f., 98f., 116f., 140f., 152f., 189f. — *W. Hoffmann*, ebenda 1927, S. 179f. — *H. Michel*, ebenda 1928, S. 74f. — *N. Lefring*, Forsch. Ing.-Wes. H. 332 (1930). *K. Baumgärtel*, ebenda H. 336 (1930).

[2]) *K. Meller*, „Elektrische Lichtbogenschweißung", 2. Auflage (1932). — *W. Strelow*, Elektroschweiß. **3** (1932), S. 81f. — *H. v. Conrady*, ebenda **5** (1934), S. 21f. — *F. Creedy*, „Forces of Electric Origin in the Iron Arc", An Explanation of Overhead Welding. Winter Convention of the A. J. E. E., New York, 1932. — *R. Seeliger*, Elektroschweiß. **5** (1934), S. 197f.

[3]) *Cunit*, „Unfallgefahren beim Elektroschweißen". Die Berufsgenossenschaft 1935, S. 267f. — *H. Freiberger*, „Der elektrische Widerstand des menschlichen Körpers gegen technischen Gleich- und Wechselstrom", 1936.

der Umspanner, sofern er nicht mit Hilfe von Kondensatoren verbessert wird, mit etwa 0,40 viel schlechter als der von Umformern und Gleichrichtern (0,60 bis 0,85).

Ob man mit Gleichstrom schneller schweißen kann als mit Wechselstrom, ist noch nicht nachgewiesen. Diese Frage muß also ebenfalls noch geklärt werden.

Aufgabenstellung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen untersucht werden:

1. Die Spannungsverhältnisse der verschiedenen Schweißgeräte, um einen Beitrag zu liefern zur Beurteilung der beim Elektroschweißen auftretenden Gefahren.
2. Die Abschmelzgeschwindigkeiten verschiedener Elektroden bei verschiedener Polung und Stromart, um die Wirtschaftlichkeit beider Stromarten und Polungen festzustellen.
3. Der Einfluß der Stromart auf das Verhalten des Lichtbogens.
4. Der Einfluß der Stromart auf die mechanisch-technologischen Gütewerte und das Gefüge von Schweißnähten.

Untersuchung der Spannungsverhältnisse

Die Kurven der statischen Charakteristiken der Schweißgeräte sind bekannt. Aus ihnen geht hervor, daß höhere Spannungen als 70 Volt bei neuzeitlichen Schweißgeräten bei allmählicher Veränderung von Stromstärke und Spannung nicht vorkommen.

Ob beim praktischen Schweißen sowie bei Schaltvorgängen Spannungsspitzen auftreten, wurde mit Hilfe von Oszillogrammen untersucht.

Wie die Abb. 1 bis 3 zeigen, ist dies nicht der Fall. Bei Betrachtung der Kurven des Umspanners muß berücksichtigt werden, daß der Oszillograph die Spitzen des sinusförmigen Spannungsverlaufs aufzeichnet, während ein gewöhnliches Voltmeter Werte anzeigt, die im Verhältnis 0,707 : 1 niedriger sind. Die Spitzenwerte bei der Wechselstromschweißung liegen also mit etwa 110 Volt beträchtlich höher als die bei der Gleichstromschweißung.

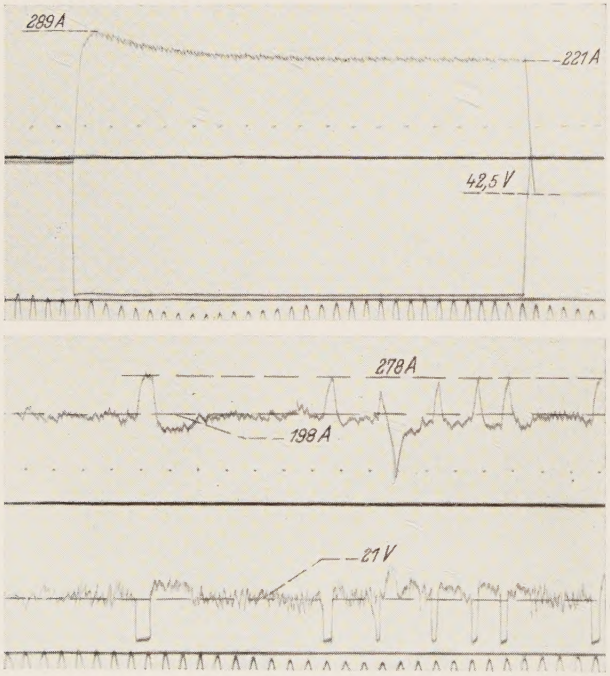


Abb. 1. Schalt- und Schweiß-Oszillogramme eines Schweißumformers

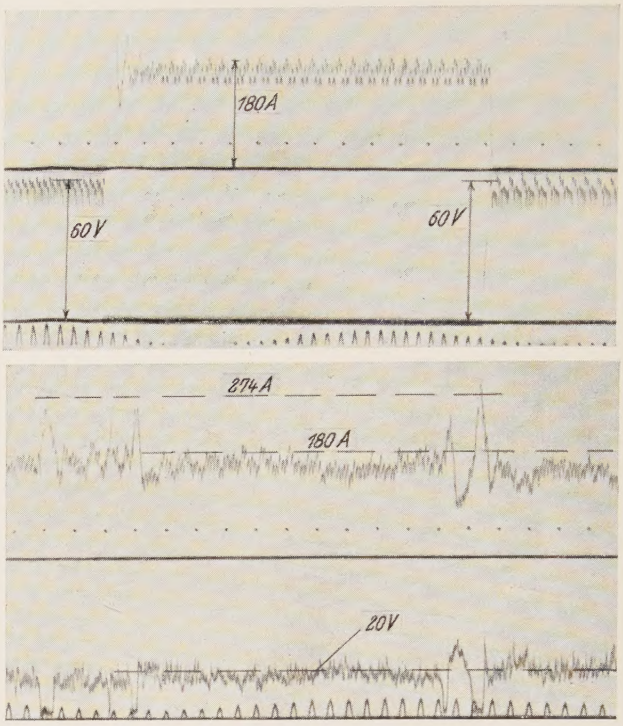


Abb. 2. Schalt- und Schweiß-Oszillogramme eines Schweißgleichrichters

Abschmelzgeschwindigkeit sowie Spritz- und Abbrandverluste

Um die Frage der Abschmelzgeschwindigkeit sowie der Spritz- und Abbrandverluste bei verschiedener Stromart und Polung zu klären, wurden Versuche mit zwölf verschiedenen umhüllten Elektrodenmarken der Sorten[4]) E 34 h, E 37, E 37 h und E 52 h angestellt.

Je dreimal 1 kg (bezogen auf das Drahtgewicht) der 4 mm dicken Elektroden wurden abgewogen und auf 36 Platten (27 Stück aus St 37, 9 Stück aus St 52) mit den Abmessungen 400 × 250 × 16 mm jeweils mit Gleichstrom (+- und —-Pol) und Wechselstrom pausenlos niedergeschmolzen. Die Spannung betrug 25 Volt, die Stromstärke entsprach der vom Lieferer angegebenen. Um gleichbleibende Abkühlungsverhältnisse zu schaffen, lag zwischen den Platten und dem Schweißtisch eine 5 mm dicke Asbestplatte.

Nach dem Reinigen der Platten von Schlacke und Spritzern wurde die Gewichtszunahme ermittelt. Die Werte der Abschmelzzeiten und der Spritz- und Abbrandverluste wurden jeweils auf 1 kg Gewichtszunahme der Platten umgerechnet und die Ergebnisse in Kurven dargestellt (Abb. 4).

[4]) Schweißdrahtlieferbedingungen der Reichsbahn 91927, X 1933.

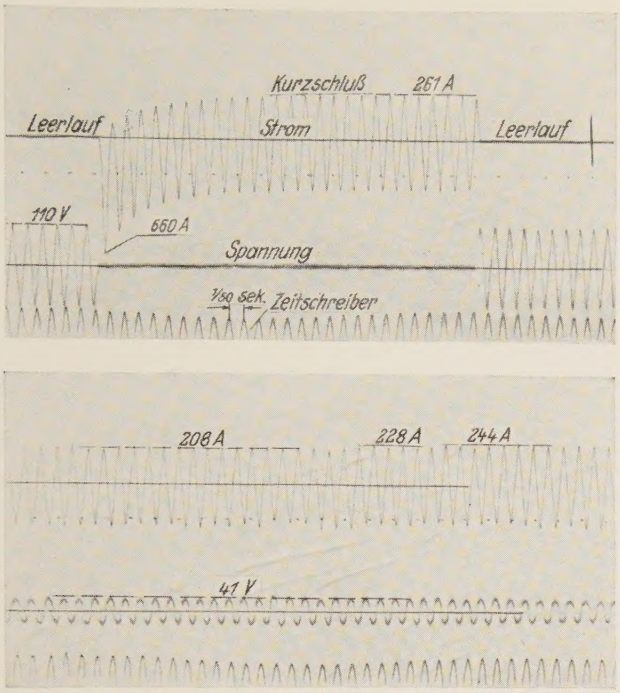


Abb. 3. Schalt- und Schweiß-Oszillogramme eines Schweißumspanners

Eine Überlegenheit einer Stromart oder einer Polung kann diesen Kurven nicht entnommen werden. Es kann aber daraus gefolgert werden, daß beim Metallichtbogen kein so großer Temperaturunterschied zwischen Anode und Kathode bestehen kann wie beim Kohlelichtbogen, da der positive Pol nur bei zwei von den zwölf Elektroden kürzere bzw. gleich niedere Abschmelzzeiten ergab wie der negative Pol bzw. Wechselstrom. Bei den Spritz- und Abbrandverlusten ergibt sich ein ähnliches Bild.

Verhalten des Lichtbogens beim Schweißen

Das Schweißen bereitet bei keiner Stromart dem geübten Schweißer Schwierigkeiten, wenn nicht durch Blaswirkung der Lichtbogen abgelenkt oder gar zum Erlöschen gebracht wird.

Den Veröffentlichungen[5]) über die magnetische Blaswirkung bei der Lichtbogenschweißung ist zu entnehmen, daß diese eine Folge einseitiger Ablenkung der jeden stromdurchflossenen Leiter umgebenden Kraftlinien ist. Die Blaswirkung prägt sich am deutlichsten aus, wenn die Kanten am Ende eines Stückes geschweißt werden. Daß in diesem Falle der Wechselstromlichtbogen wesentlich unempfindlicher ist als der Gleichstromlichtbogen,

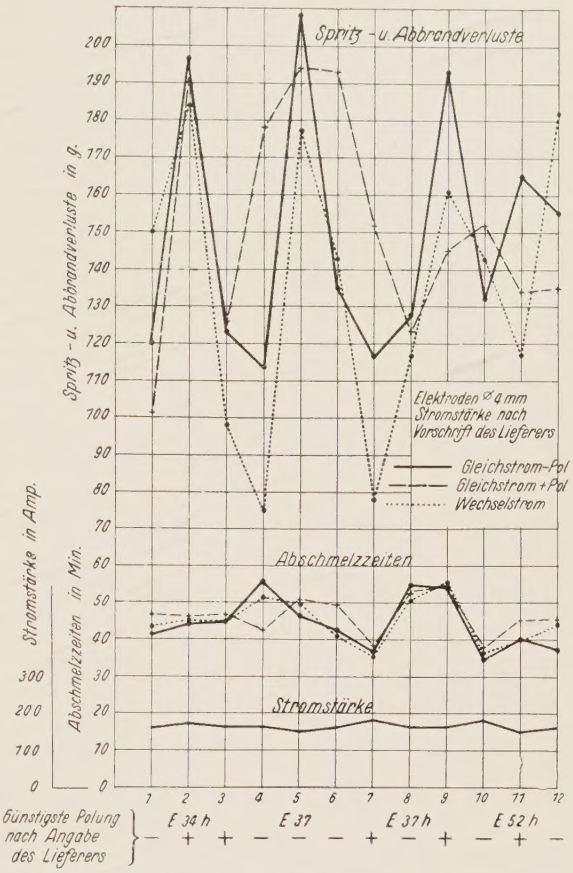


Abb. 4. Abschmelzzeiten und Spritz- und Abbrandverluste für je 1 kg aufgetragene Schweiße

ist aus den Abb. 5 bis 7 ersichtlich, die die Blaswirkung am Ende eines Stabes zeigen. Die Ursache für dieses Verhalten des Wechselstromlichtbogens ist vermutlich darin zu suchen, daß durch den Wechselstrom im Werkstück Wirbelströme erzeugt werden, ein gerichtetes Magnetfeld sich aber gar nicht ausbilden kann.

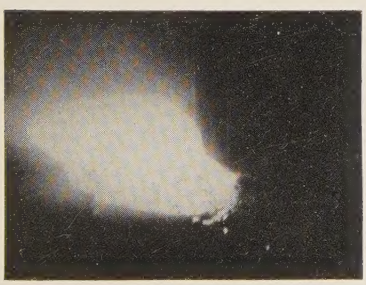


Abb. 5. Blaswirkung des Lichtbogens Gleichstrom — Pol

Abb. 6. Blaswirkung des Lichtbogens Gleichstrom + Pol

Abb. 7. Blaswirkung des Lichtbogens Wechselstrom

[5]) *K. Meller*, Elektroschweiß. **5** (1934), S. 185f. — *O. Schellong*, ebenda **6** (1935), S. 93f. — *R. M. Stephens*, Welding 1931, S. 369f. — *R. W. Holt*, Weld. Eng. 1932, S. 40f. — *R. Notvest*, ebenda 1935, S. 24f. — Arcos-Studienbüro, Arcos-Z. 1936, S. 1375f.

Güteprüfung

In der großen Versuchsreihe wurde der Einfluß der Stromart auf die mechanisch-technologischen Gütewerte und auf das Gefüge der Schweißnähte untersucht. Die Versuche wurden in Anlehnung an die zur Zeit gültigen Schweißdrahtlieferbedingungen der Reichsbahn[4]) durchgeführt.

Geschweißt wurde mit den oben erwähnten zwölf Elektrodenmarken. Die Elektroden der Sorten E 34 h wurden an St 34, E 37 und E 37 h an St 37 und E 52 h an St 52 der Gattung Mn-Si-Cu verschweißt. Für die 3 bzw. 3,25 mm dicken Elektroden wurden 6 mm Bleche, für die 4 mm dicken Elektroden 8 mm Bleche und für die 5 mm Elektroden 10 mm Bleche verwendet. Nur für die Kerbschlagproben wurden mit allen Elektrodendurchmessern 12 mm Bleche geschweißt. Sämtliche Schweißnähte hatten einen Einschweißwinkel von 70°. Die Platten waren dazu auf der Brennschneidemaschine abgeschrägt worden. Die Nähte wurden als Mehrlagennähte ausgeführt und wurzelseitig gegengeschweißt. Die Zug-, Falt- und Schmiedeproben wurden auf der Brennschneidemaschine abgeschnitten. Die Schweißwulste sowie die Einschnürungen der Zugstäbe wurden ab- bzw. ausgefräst. Die Kerbschlagproben wurden allseitig gefräst. Die zu glühenden Stäbe wurden bei 920° C eine halbe Stunde im Schmiedeofen geglüht und bei ruhender Luft außerhalb des Ofens abgekühlt. Je Drahtsorte, Stromart und Prüfart wurden jeweils 100 Stäbe geprüft, bei den Kerbschlagproben betrug diese Zahl jeweils 500. Diese Zahlen setzen sich zusammen aus je 20 bzw. 100 mit 3 (3,25) mm dicken Elektroden geschweißten Probestäben, sowie aus je 40 bzw. 200 mit 4 und ebensoviel mit 5 mm dicken Elektroden geschweißten Stäben.

Mechanisch-technologische Güteprüfung

Die nachfolgenden Angaben beziehen sich nur auf einwandfreie Probestäbe. Stäbe mit Schweißfehlern wurden ausgemerzt. Es wurden aber nur wenige fehlerhafte Stäbe gefunden, und diese verteilten sich gleichmäßig auf beide Stromarten.

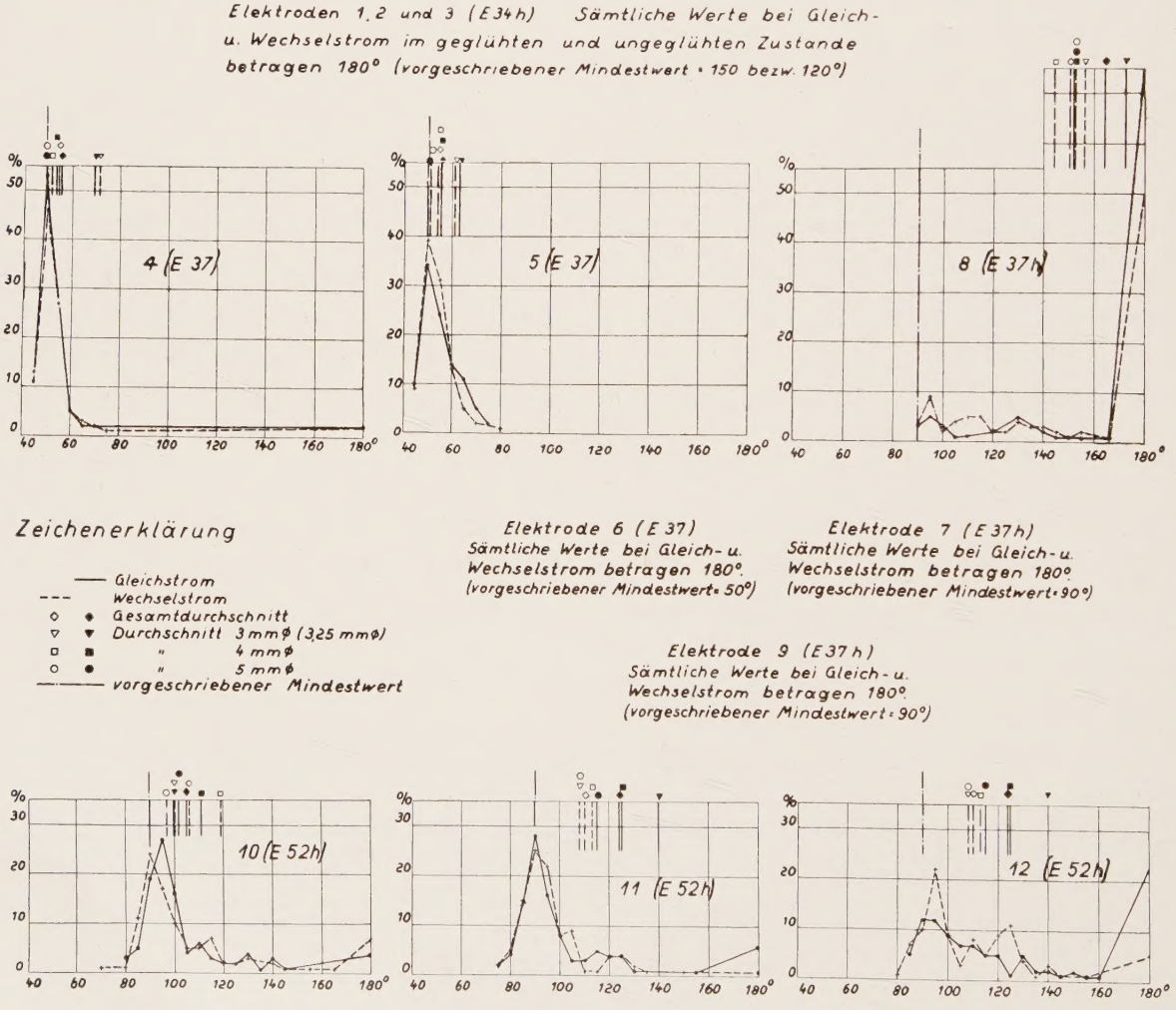


Abb. 8. Biegewinkel

Bei der Prüfung der Schmiedefähigkeit, dies sei vorweggenommen, wurden keine ungenügenden Stäbe festgestellt. Die Schmiedeprobe mußte deshalb für die Untersuchung außer Betracht bleiben, da aus ihr keine Unterschiede bezüglich Stromart usw. hervorgingen. Es muß hierbei aber berücksichtigt werden, daß bei dem

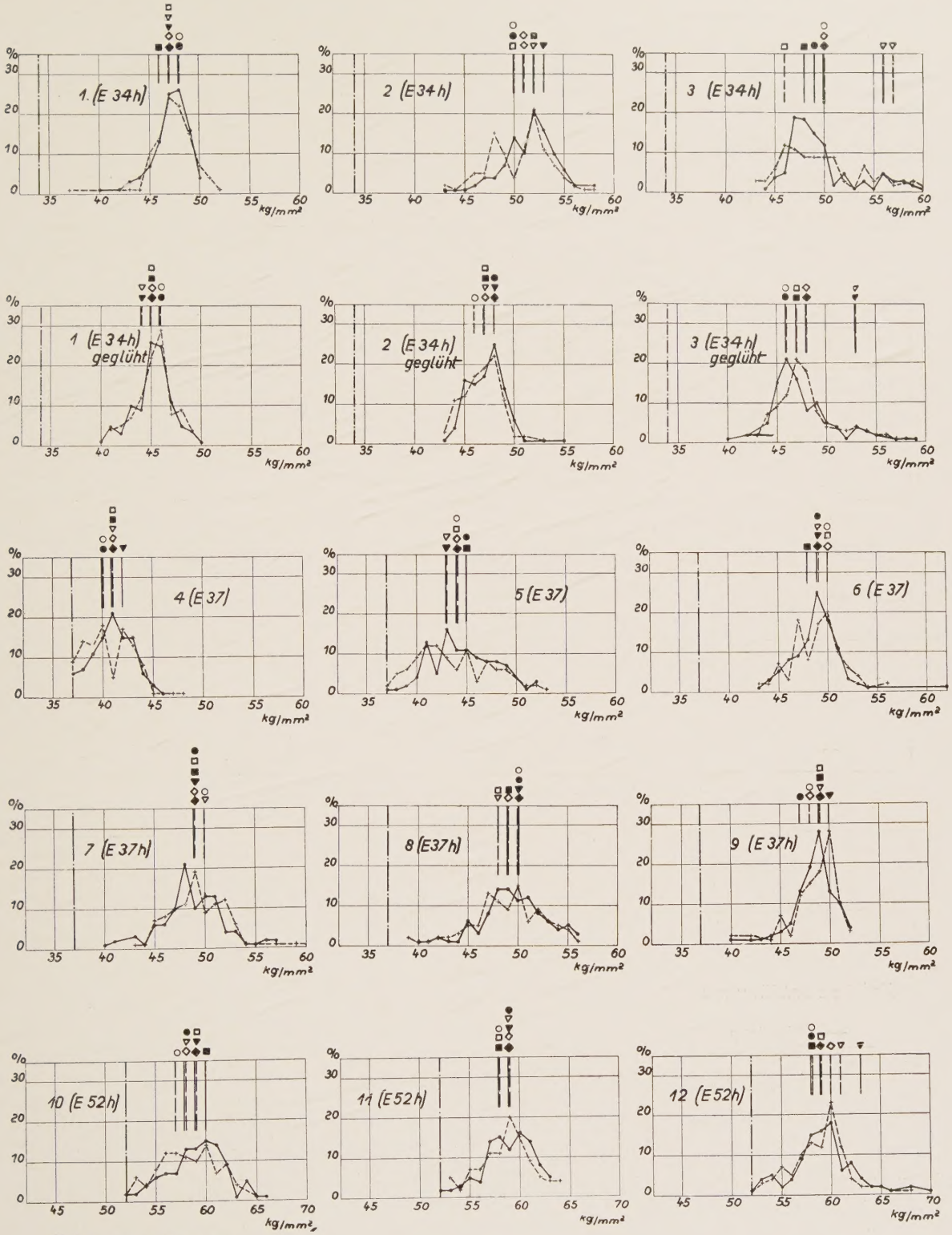


Abb. 9. Zugfestigkeitswerte

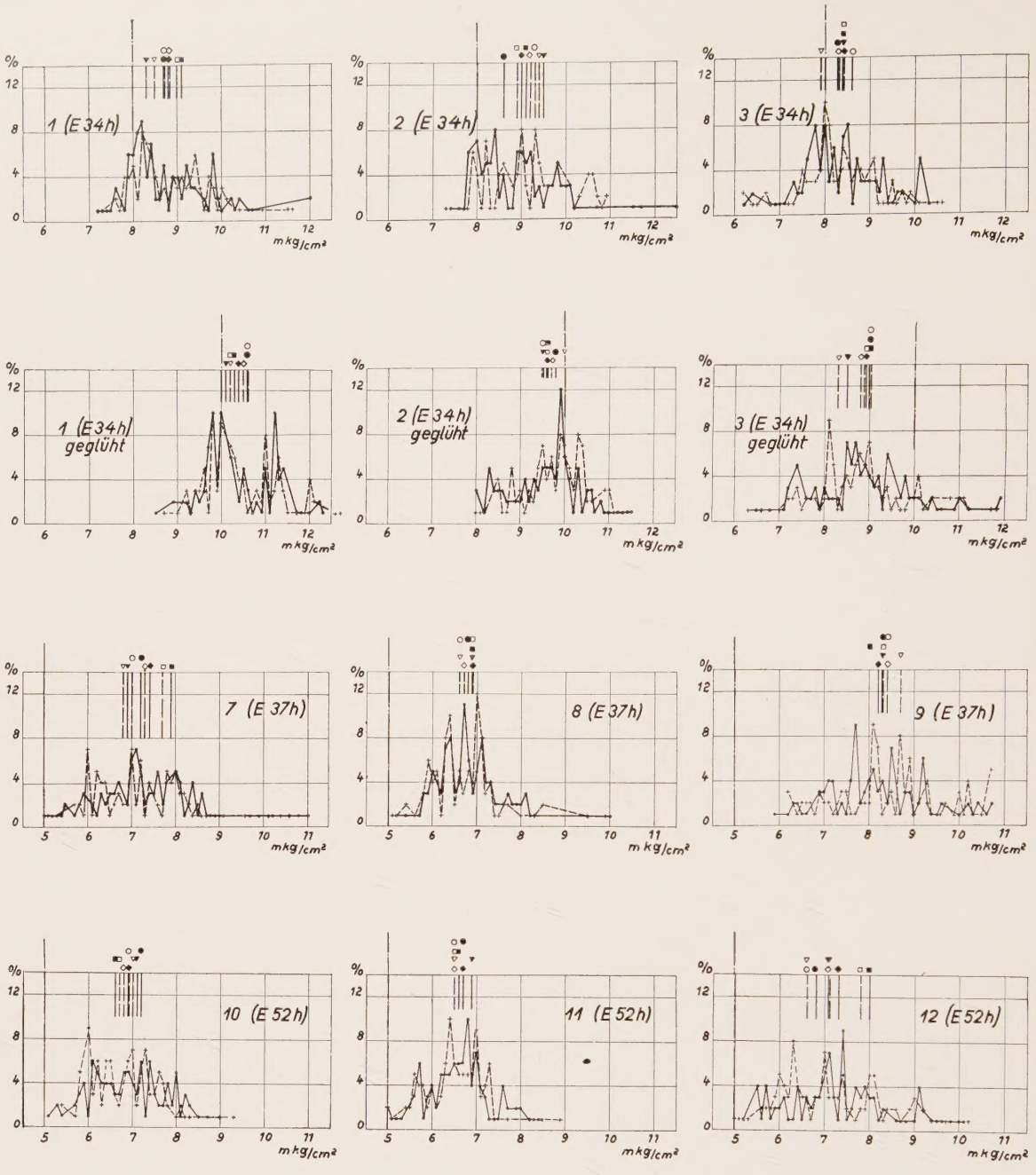


Abb. 10. Kerbzähigkeitswerte

Schmiedeversuch der Reichsbahn, wie *H. Becker*[6]) nachwies, Prüfbedingungen gestellt werden, die sehr leicht erfüllt werden können. Die bei der Prüfung der Zugfestigkeit, der Verformbarkeit, gemessen beim Faltversuch, und bei der Prüfung der Kerbzähigkeit ermittelten Werte wurden untersucht und die Ergebnisse in Kurven dargestellt (Abb. 8 bis 12). Vergleicht man die Häufigkeitskurven der Abb. 8 bis 10 ebenso wie die in diesen Abbildungen und in Abb. 11 dargestellten Durchschnittswerte, so wird man keine wesentlichen Unterschiede zwischen beiden Stromarten feststellen können. Die geringen Unterschiede, die einzelne Kurvenpaare aufweisen, können von Zufälligkeiten abhängen, die auch bei einer so großen Anzahl von Werten unvermeidlich sind.

Schließlich wurde noch versucht, den Vomhundertsatz der ungenügenden Proben zu verwerten (Abb. 12).

[6]) *H. Becker*, Forschg. Schweißen u. Schneiden mittels Sauerstoff u. Azetylen 1935, S. 68f.

Hier schied zunächst die Zugfestigkeit aus, da keine ungenügenden Zerreißstäbe festgestellt werden konnten.

Auch bezüglich der Biegewinkel und der Kerbzähigkeit wiesen einige Elektroden nur genügende Werte auf,

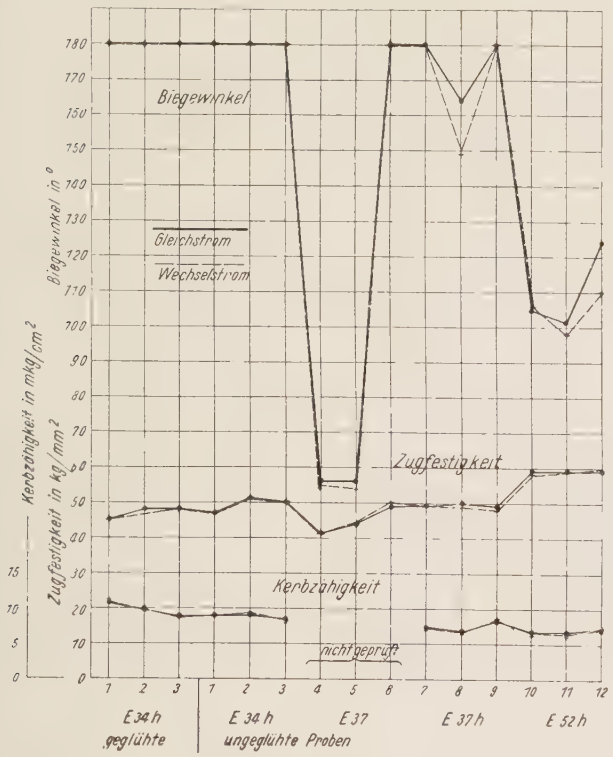


Abb. 11. Gesamtdurchschnittswerte der mechanischen Güteprüfungen

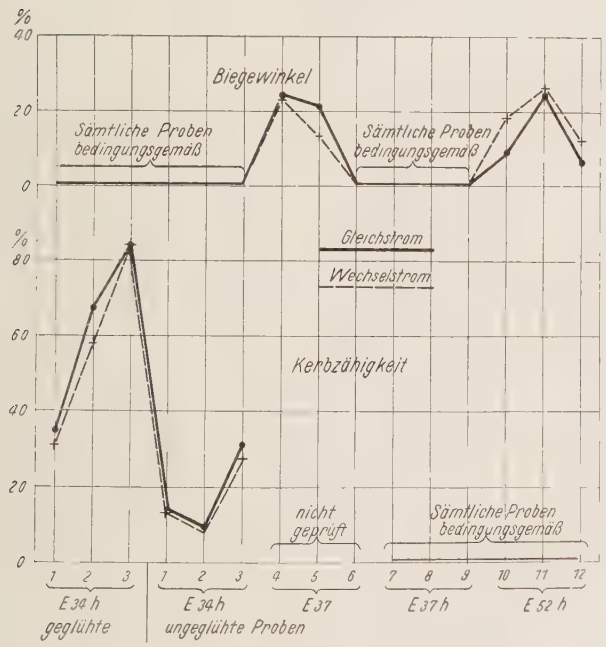


Abb. 12. Vomhundertsatz der ungenügenden Werte der mechanischen Güteprüfungen

bei anderen waren aber doch so zahlreiche ungenügende Werte vorhanden, daß sie ausgewertet werden konnten. Hier sei bemerkt, daß die absolute Höhe der einzelnen Werte nicht zu irgendwelchen Schlüssen führen darf. Die vorliegenden Versuche, die Mitte 1934 begonnen und Ende 1935 abgeschlossen wurden, ergaben Werte, die heute fast durchweg übertroffen werden. Da es sich hier aber um einen Vergleich handelt, so besitzen die Werte dafür auch heute noch ihre volle Gültigkeit.

Die Kurve der ungenügenden Biegewinkel in Abb. 12 zeigt bei zwei Elektroden der Sorte E 37 eine leichte Überlegenheit der Wechselstromschweißung, bei den drei Elektroden der Sorte E 52h eine solche der Gleichstromschweißung. Die Kurve der ungenügenden Kerbzähigkeitswerte zeigt wieder eine geringe Überlegenheit der Wechselstromschweißung.

Allen Einzel- bzw. Durchschnittswerten kann jedenfalls ebensowenig wie den verschiedenen Kurven entnommen werden, daß eine Stromart der anderen bezüglich der damit erreichbaren mechanisch-technologischen Gütewerte überlegen ist.

Es sei jedoch auch an dieser Stelle darauf hingewiesen, daß die mechanisch-technologische Güteprüfung von Schweißverbindungen durch statische Versuche noch manche ungeklärten Punkte aufweist, so daß aus diesem Grunde die Werte nur als Vergleichswerte Bedeutung besitzen [7]).

Gefügeprüfung

Untersuchung des Grobgefüges

Für die Grobgefügeuntersuchung wurde je eine Probe jeder Elektrodenmarke, Blechdicke und Stromart sowie mit und ohne Wärmebehandlung, soweit geglühte Proben hergestellt waren, geschliffen und nach *Matting-Adler* [8]) geätzt. Sämtliche Schliffe zeigten ein einwandfreies Gefüge ohne grobe Fehlstellen. Bei den ungeglühten Proben war deutlich der Einfluß der Mehrlagenschweißung zu erkennen. Die oberste und die unterste Lage hat jeweils ein wesentlich gröberes Gefüge als die durch diese Lagen ausgeglühten inneren Zonen. Bei den geglühten Proben war dieser Unterschied verwischt. Ein Unterschied zwischen den beiden Stromarten war bei dieser Untersuchung nicht festzustellen. Auch die Tiefe des Einbrandes war bei der Wechselstromschweißung nicht geringer als bei der Gleichstromschweißung.

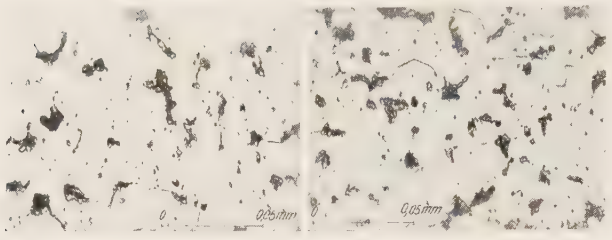
An sich wird der Wert des Einbrandes häufig überschätzt. Es genügt vollständig, wenn die Kanten des Werkstückes aufgeschmolzen werden, um eine einwandfreie Verbindung zu erzielen. Jedes tiefere Einbrennen ist unwirtschaftlich und ist auch nicht geeignet, den Wert einer Schweißverbindung zu erhöhen.

Untersuchung des Kleingefüges

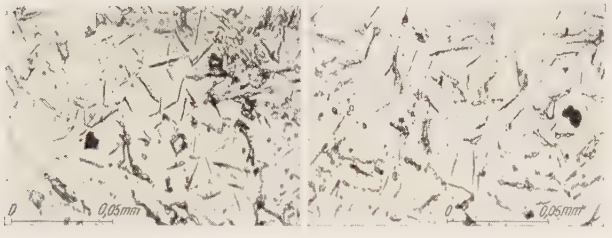
An sämtlichen zur Untersuchung des Grobgefüges herangezogenen Schliffproben wurde auch das Klein-

[7]) *A. Matting* u. *H. Koch*, Elektroschweiß. **5** (1934), S. 127f. — *G. Oldenburg*, Dissertation (Handschrift) Breslau 1935. — *G. Fiek* u. *A. Matting*, Autog. Metallbearb. 1934, H. 8. — *P. Bardtke* u. *A. Matting*, ebenda 1933, H. 18/19.

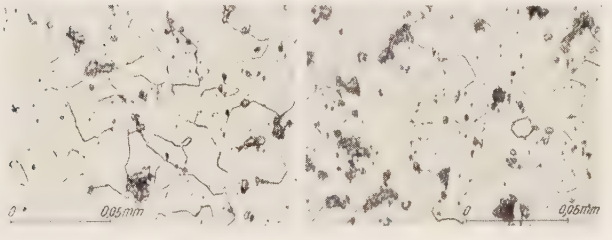
[8]) *A. Matting*, Autog. Metallbearb. 1934, H. 22.



Gleichstromschweißung Wechselstromschweißung
Abb. 13. Elektrode 1 (E 34 h).
Elektrodendurchmesser 4 mm, Blechdicke (St 34) 8 mm.
Schweißnahtmitte normal-geglühter Proben
mit Sauerstoff-Poren
V = 530× (davon ½)



Gleichstromschweißung Wechselstromschweißung
Abb. 14. Elektrode 4 (E 37).
Elektrodendurchmesser 4 mm, Blechdicke (St 37) 8 mm.
Schweißnahtmitte normal-geglühter Proben
mit Sauerstoff-Poren und Nitrid-Nadeln
V = 530× (davon ½)



Gleichstromschweißung Wechselstromschweißung
Abb. 15. Elektrode 5 (E 37).
Elektrodendurchmesser 4 mm, Blechdicke (St 37) 8 mm.
Schweißnahtmitte normal-geglühter Proben
mit Sauerstoff-Poren aber ohne Nitrid-Nadeln
V = 530× (davon ½)

gefüge nach Ätzung mit alkoholischer Pikrinsäure bei 120- und 530facher Vergrößerung untersucht.

Bei dieser Untersuchung kam noch deutlicher als bei der Grobgefügeuntersuchung der Unterschied bei den ungeglühten Proben zwischen den äußeren und inneren Lagen zum Vorschein.

Das Gefüge der äußeren Lagen blieb aber auf die mechanisch-technologischen Gütewerte ohne Einfluß, da die äußeren Lagen bei allen Probestäben abgearbeitet wurden.

Die Schliffe zeigten deutlich, daß in allen Fällen das Gefüge des Schweißgutes dem des Baustoffes sehr ähnlich ist, eine Erscheinung, die noch vor etwa 4 Jahren nur selten festgestellt werden konnte.

Besonders aufschlußreich war die Betrachtung der geglühten Schliffe bei 530facher Vergrößerung (Abb. 13 bis 15). Während bei den Elektroden 1 und 5 (E 34h und E 37) zwar Sauerstoffporen aber keine Nitridnadeln festgestellt werden konnten, zeigten sich solche bei der Elektrode 4 (E 37) in sehr starkem Maße. Unterschiede zwischen beiden Stromarten traten aber auch hier nicht zutage.

Sauerstoff und Stickstoff sollen das Schweißgut hart und spröde machen. Es ist nicht auffällig, daß bei der Elektrode 1 (E 34h) keine Nitridnadeln zu erkennen sind, denn bei dieser Elektrode liegen Biegewinkel und Kerbzähigkeit besonders hoch. Daß aber von den beiden Elektroden 4 und 5 (E 37) die eine Nitridnadeln im Gefüge des Schweißgutes aufweist, die andere aber nicht, obgleich beide Elektroden die gleichen mechanisch-technologischen Gütewerte aufweisen, erscheint erstaunlich. Obgleich gerade diese Untersuchung einige Male an verschiedenen Probestücken wiederholt wurde, ergab sich stets das gleiche Bild. Ein Irrtum erscheint deshalb ausgeschlossen, und es muß daraus gefolgert werden, daß das Fehlen von Nitridnadeln nicht von so großem Einfluß sein muß, wie früher vermutet wurde[9]).

Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist, zu klären, ob die Wechselstromschweißung der Gleichstromschweißung ebenbürtig ist.

Das Ergebnis ist:

1. Der Preis und damit der Kapitaldienst sind ebenso wie die Unterhaltungskosten beim Schweißumspanner niedriger als beim Umformer.
2. Der Wirkungsgrad eines Umspanners ist höher als der des Umformers, der Leistungsfaktor dagegen erheblich schlechter, sofern er nicht durch einen Kondensator verbessert wird.
3. Die Abschmelzgeschwindigkeit sowie die Spritz- und Abbrandverluste hängen von der Eigenart der jeweiligen Elektrode ab. Ein grundsätzlicher Unterschied zwischen beiden Stromarten ist nicht festzustellen.
4. Der Wechselstromlichtbogen ist magnetischen Blaswirkungen gegenüber weniger empfindlich als der Gleichstromlichtbogen.
5. Das Schweißen mit Wechselstrom ist gefährlicher als das Schweißen mit Gleichstrom, da bei Wechselstrom höhere Spannungen auftreten.
6. Die mit Wechselstrom geschweißten Verbindungen sind den mit Gleichstrom hergestellten hinsichtlich ihrer mechanisch-technologischen Gütewerte und des Gefüges gleichwertig.

Es kann deshalb die Folgerung gezogen werden, daß mit Ausnahme der Fälle, in denen die Schweißer eine Berührung mit stromführenden Teilen des Werkstückes nicht vermeiden können, z. B. im Innern von Kesseln sowie auf Stahlgerüsten, die Wechselstromschweißung mit Vorteil angewendet werden kann, sofern keine blanken Homogenelektroden verwendet werden sollen.

[9]) *W. Prox*, Z. VDI 1932, S. 497f.

Lebenslauf des Dipl.-Ing. Constantin August Stieler

Geboren: 19. April 1897 in Stuttgart.

Konfession: Evangelisch.

Eltern: Staatssekretär a. D. Dr. Stieler und Elisabeth, geb. Beyer.

Schulbesuch: 1904 — 1916 Vorschule und Gymnasium in Charlottenburg und Stuttgart.

Praktische Ausbildung: 9 Monate in verschiedenen Werken.

Heeresdienst: Februar 1917 bis Februar 1919. Unverwundet. EK II. Beförderung zum Offizier: Mai 1918.

Studium: Wintersemester 1918/1919 bis Wintersemester 1921/1922 an den Technischen Hochschulen Stuttgart und Charlottenburg. Während des Studiums Teilnahme an den Kämpfen gegen die Kommunisten in Süddeutschland und im Ruhrgebiet.

Berufliche Tätigkeit:

4. Mai 1922 bis 15. März 1924 Assistent in der Eisen- und Metallgießerei des Hüttenwerks Wasseralfingen.

1. April 1924 bis 30. November 1925 Assistent und Vertreter des Gießereichefs der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Nürnberg.

1. Dezember 1925 bis 30. November 1926 Betriebsleiter der Gußwerke A. G. Frankenthal.

Januar 1927 bis Juni 1927 Studienreise nach Nordamerika. Dort 4 Monate praktische Arbeit als Former in 2 Eisengießereien.

1. Juli 1927 bis 31. März 1929 Assistent und Vertreter des Gießereichefs der Berliner Maschinenbau-A.-G. vorm. L. Schwartzkopff.

1. April 1929 bis 31. August 1931 Betriebsingenieur im Dynamowerk der Siemens-Schuckertwerke A. G., Berlin-Siemensstadt.

1. September 1931 bis 31. Mai 1932 Versuchs- und Projektingenieur in der Vertriebsabteilung für elektrische Schweißmaschinen der Siemens-Schuckertwerke.

1. Juni 1932 Angestellter in der Schweißtechnischen Versuchsabteilung der Deutschen Reichsbahn in Wittenberge.

1. Oktober 1934 Übernahme in das Beamtenverhältnis ebenda als technischer Reichsbahn-Oberinspektor.

1. November 1935 Übertragung der Leitung der Schweißtechnischen Versuchsabteilung der Deutschen Reichsbahn in Wittenberge.

Familienverhältnisse: Verheiratet. 2 Kinder.

Printed in Germany